

Prof. Dr. Göran Kauermann

Telefon +49 (0)89 2180-6253

goeran.kauermann@lmu.de

Institut für Statistik
Ludwigstr. 33
80539 München

Prof. Dr. Helmut Küchenhoff

Telefon +49 (0)89 2180-2789

kuechenhoff@stat.uni-muenchen.de

Institut für Statistik
Akademiestr. 1/IV
80799 München

CODAG Bericht Nr 6
7.1.2021

1. Übersterblichkeit in Deutschland - Große Unterschiede zwischen den Bundesländern - In Sachsen sehr starke Übersterblichkeit mit und ohne Corona-Todesfälle
   Göran Kauermann, Marc Schneble, Giacomo De Nicola, Ursula Berger

2. Dunkelziffer - die große Unbekannte - Wie viele Infektionen bleiben unentdeckt? Wie hoch ist die tatsächliche Zahl der Infektionen? Bereits Mitte November hat die zweite Welle das Maximum der tatsächlichen Infektionen die ersten Welle erreicht. Die Dunkelziffer ist im Laufe des Jahres gesunken, nimmt aber in der zweiten Welle wieder zu.
   Göran Kauermann, Marc Schneble, Giacomo De Nicola, Ursula Berger

Weitere Informationen zu unseren Analysen und zur Corona Data Analysis Group (CoDAG) finden sich auf unserer Homepage https://www.covid19.statistik.uni-muenchen.de/index.html**.**

1. Übersterblichkeit in Deutschland - Große Unterschiede zwischen den Bundesländern - In Sachsen sehr starke Übersterblichkeit mit und ohne Corona-Todesfälle

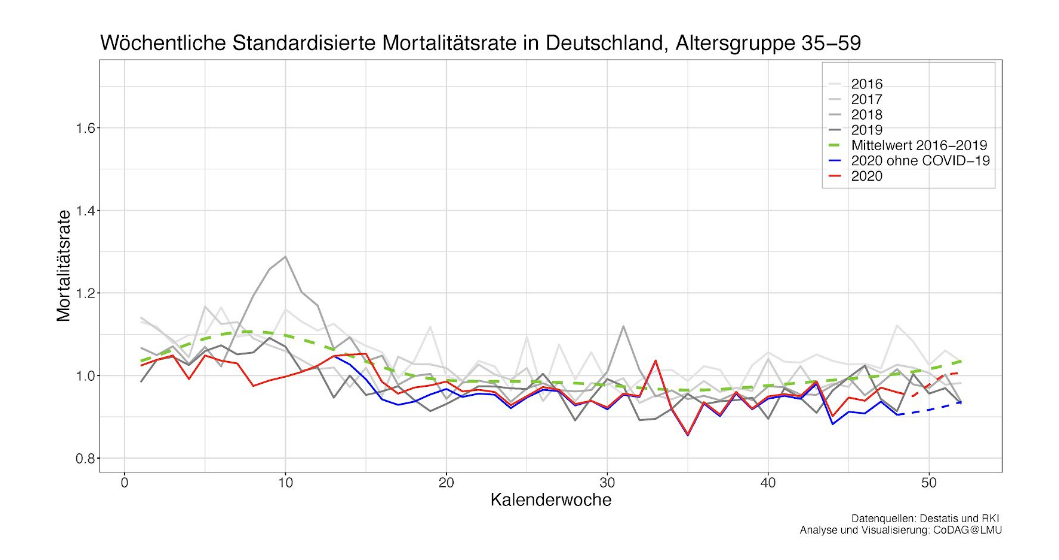
Göran Kauermann, Marc Schneble, Giacomo De Nicola, Ursula Berger

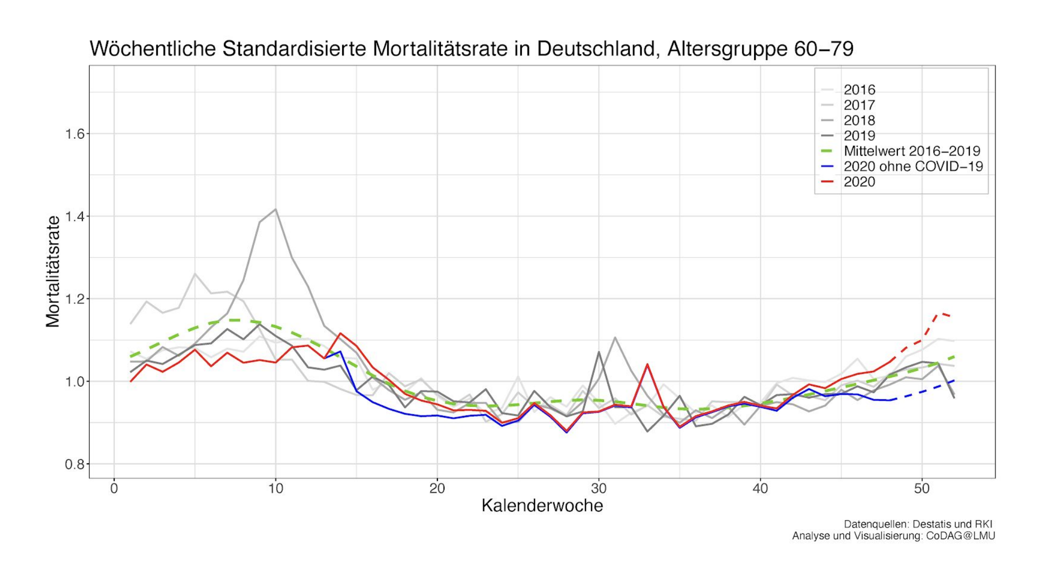
Bei der Analyse der Übersterblichkeit in Deutschland muss beachtet werden, dass die deutsche Bevölkerung immer älter wird (siehe auch Ragnitz, 2021). Der Anteil der über 80-Jährigen hat dabei in einigen Bundesländern von 2016 bis 2020 um bis zu 30 Prozent zugenommen. Um die Sterblichkeit der einzelnen Jahre miteinander zu vergleichen, müssen daher die Todeszahlen ins Verhältnis zur Altersverteilung gesetzt werden; man spricht in diesem Fall von einer Altersadjustierung. Hierzu betrachtet man die Anzahl der zum 1.1. eines jeweiligen Jahres lebenden Personen im Alter x, wobei x die Werte von 0 bis 99 sowie 100+ umfasst (Quelle: Statistisches Bundesamt). Ferner errechnet man aus den Sterbetafeln die Wahrscheinlichkeit eines x-Jährigen, das kommende Lebensjahr nicht zu überleben (Quelle: Statistisches Bundesamt). Multipliziert man diese Zahlen so ergibt sich die zu erwartenden Anzahl an Todesfällen bei den Personen im Alter x. Summiert man nun über alle Alter x auf, so erhält man die erwartete Anzahl an Todesfällen in einem Jahr, adjustiert auf eine sich jedes Jahr ändernde Altersstruktur der Bevölkerung. Wenn man nun die Anzahl der tatsächlich beobachteten Todesfälle durch die Anzahl der erwarteten Todesfälle teilt, so erhält man die “standardisierte Mortalitätsrate” (= Standardized Mortality Ratio - SMR). Ist diese standardisierte Mortalitätsrate über 1, so deutet dies auf Übersterblichkeit hin, ist sie unter 1 so zeigt dies Untersterblichkeit.

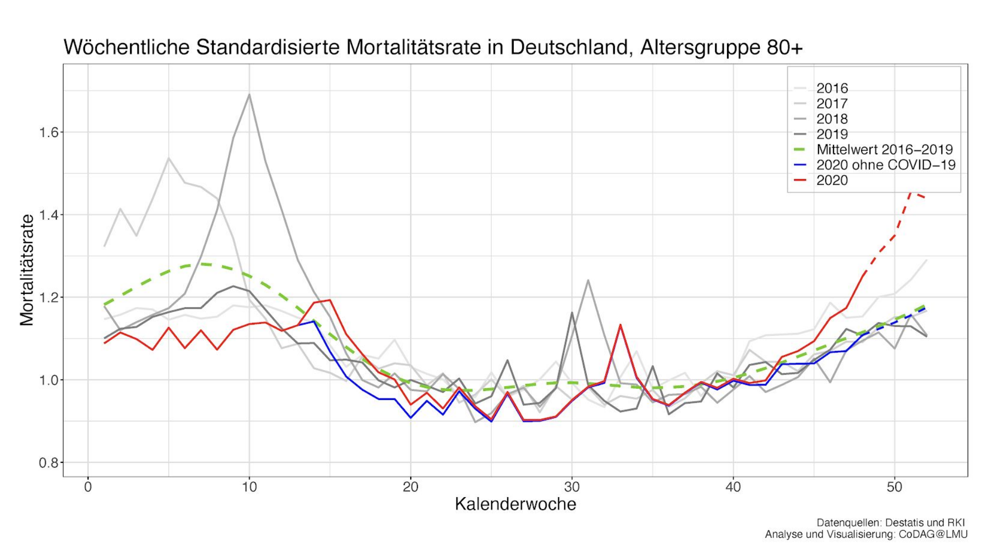
Die Sterbezahlen in Deutschland werden vom Statistischen Bundesamt mit einem Zeitverzug von vier Wochen bereitgestellt. Analysen der Übersterblichkeit basierend auf Ist-Zahlen kann man daher nur retrospektiv mit 4 Wochen Verzögerung durchführen. Nimmt man jedoch an, dass sich die Anzahl der Todesfälle, ohne jene, die in Zusammenhang mit COVID-19 stehen, heuer genauso verhalten wie in den letzten Jahren, so kann man die aktuelle Übersterblichkeit basierend auf tagesgenauen Daten zu COVID-19 Todesfällen, die vom Robert-Koch-Instituts (RKI) bereitgestellt werden, schon heute beurteilen. Dieser Ansatz ist in den nachfolgenden Analysen gewählt.

Wir betrachten zunächst bundesweite Analysen getrennt nach unterschiedlichen Altersgruppen. Die entsprechenden standardisierten Mortalitätsraten der Jahre 2016 bis 2020 sind in Abbildung 1 dargestellt. Die roten Kurven zeigen die aktuellen Sterbezahlen, die blauen Kurven geben die Todeszahlen OHNE Todesfälle mit und durch COVID-19 an. Die grüne Kurve zeigt das Jahresmittel von 2016 - 2019. Es zeigt sich, dass im Moment in der Altersgruppe der 60 - 79-Jährigen eine leichte Übersterblichkeit zu beobachten ist, in der Altersgruppe der 35-59-Jährigen ist hingegen eine leichte Untersterblichkeit zu erkennen. **Die Übersterblichkeit ist stark ausgeprägt in der Gruppe der über 80-Jährigen.** Hier liegt in KW 52 die standardisierte Mortalitätsrate bei 1.45 (rote Kurve) der Jahresdurchschnitt hingegen bei ca. 1.2 (grüne Kurve), **was einer aktuellen Übersterblichkeit von ca. 25% (= 1.45/1.25 - 1) entspricht.**

Abbildung 1: Standardisierte Mortalitätsraten in Deutschland für unterschiedliche Altersgruppen. Die rote Kurve zeigt die Gesamtsterblichkeit 2020 in Deutschland. Die blaue Kurve zeigt die Sterbefälle OHNE COVID-19 Bezug. Die grüne Kurve gibt den Mittelwert der Jahre 2016 - 2019 wieder. Die letzten vier Wochen beruhen auf Schätzungen.
Die standardisierten Sterblichkeiten der Jahre 2016 - 2019 sind in grau skizziert.

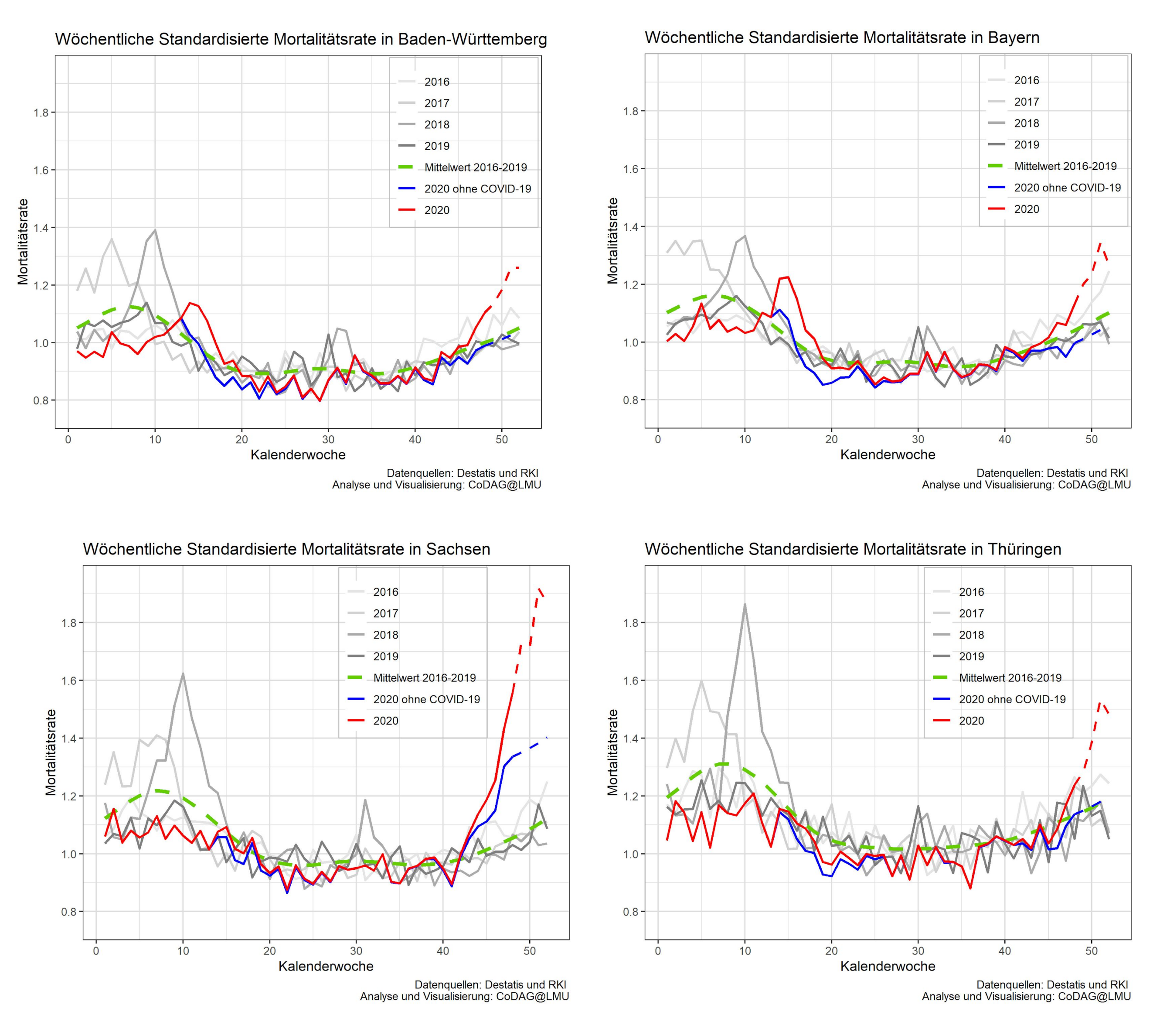






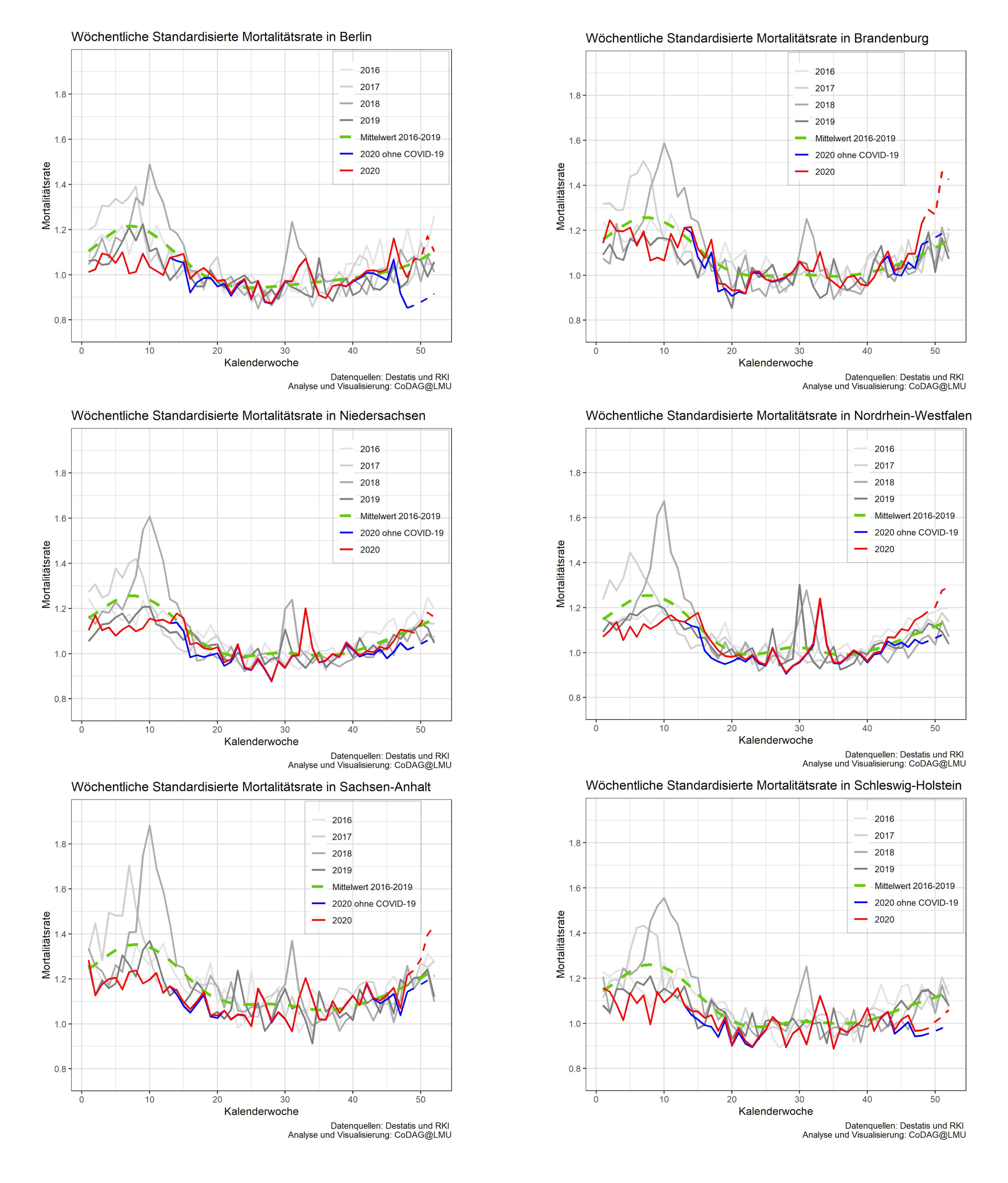
Die obige Abbildung 1 zeigt Daten für Gesamtdeutschland. Zwischen den Bundesländern existieren aber erhebliche Unterschiede in Bezug auf Übersterblichkeit, die nun nachfolgend betrachtet werden sollen. Wir wählen dazu zunächst die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Sachsen und Thüringen, dargestellt in Abbildung 2. **In allen vier Bundesländern ist aktuell eine Übersterblichkeit zu beobachten. Diese liegt in Baden-Württemberg und Bayern bei ca. 20%, in Thüringen bei ca. 30% und in Sachsen bei etwa 70%.** Hervorstechend ist dabei Sachsen auch deshalb, weil auch ohne Todesfälle, die nachweislich mit oder an COVID-19 verstorben sind, immer noch eine Übersterblichkeit von ca. 30% vorliegt (blaue Linie). Anders ausgedrückt, **etwa die Hälfte der zur Zeit beobachteten Übersterblichkeit in Sachsen kann nicht direkt mit einer registrierten COVID-19 Erkrankung in Verbindung gebracht werden**. Dieses Ergebnis überrascht und verlangt nach weiteren differenzierteren Analysen **von Seiten der statistischen Landesbehörden**, ob und warum in Sachsen eine **extreme nicht-COVID-19 bedingte Übersterblichkeit** besteht oder ob diese durch fehlende Post-mortem Tests, falsch ausgestellte Todesursachen, reine Datenfehler oder anderweitig begründet werden kann.

Abbildung 2: Standardisierte Mortalitätsraten für Baden-Württemberg, Bayern, Sachsen und Thüringen



Die Ergebnisse für exemplarisch sechs weitere Bundesländer sind in Abbildung 3 gezeigt. Es zeigen sich ähnliche Muster der Übersterblichkeit, **bis auf Schleswig-Holstein, wo im Moment eine Untersterblichkeit von ca. 10% zu beobachten ist**, trotz Todesfälle in Zusammenhang mit COVID-19.

Abbildung 3: Standardisierte Mortalitätsraten für Berlin, Brandenburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein



2. **Dunkelziffer - die große Unbekannte - Wie viele Infektionen bleiben unentdeckt? Wie hoch ist die tatsächliche Zahl der Infektionen? Bereits Mitte November hat die zweite Welle das Maximum der tatsächlichen Infektionen ersten Welle erreicht. Die Dunkelziffer ist im Laufe des Jahres gesunken, nimmt aber in der zweiten Welle wieder zu.**

Göran Kauermann, Marc Schneble, Giacomo De Nicola, Ursula Berger

Die Bestimmung der Dunkelziffer ist von zentraler Bedeutung. Wie viele COVID-19 Infektionen bleiben unentdeckt, weil die Infizierten keine Symptome zeigen oder aus anderem Grund nicht getestet werden? Nur wenn man die Dunkelziffer kennt, kann man valide die Anzahl der aktuell Infizierten bestimmen. Große Testkampagnen wie in Österreich, Slowenien oder anderen Ländern können Aufschluss über die Dunkelziffer und die Anzahl der Infizierten geben. Ebenso können Antikörperstudien in der Allgemeinbevölkerung Information liefern. Eine aktuelle Liste solcher Studien in Deutschland hat das RKI bereitgestellt[1]. Eine dieser Studien, die KoCo19 Studie der LMU München[2] kommt zu dem Ergebnis, dass sich die Dunkelziffer zwischen der ersten Welle und Beginn der zweiten Welle um mehr als die Hälfte reduziert hat[3]. So hilfreich und informativ derartige Studien sind, so zeit- und kostenaufwendig sind sie. Außerdem geben diese Studien immer nur einen Ist-Zustand wieder, der sich beim Auswerten der Daten schon wieder verändert haben kann.
Statistische Modellierung erlaubt es einen anderen Ansatz zu verfolgen, indem man Sterbefälle an und mit COVID-19 ins Verhältnis setzt zu positiv Getesteten (siehe Schneble et. al, 2021). Dieser Ansatz erlaubt darüber hinaus eine altersspezifische Betrachtung und es kann analysiert und visualisiert werden, wie sich die tatsächliche Anzahl der Infektionen (durch Tests nachgewiesene als auch unentdeckt geblieben Infektionen) als auch die Nachweisrate (= Anteil der entdeckten Infektionen) über die Zeit ändern. Diese Analysen können nur mit einer Zeitdifferenz von ca. 6 Wochen vom aktuellen Datum durchgeführt werden. Dieser Zeitraum ist notwendig, da 6 Wochen nach einer Infektion bzw. deren Nachweis durch einen PCR Test alle (bzw. der bedeutende Teil) der Infizierten entweder wieder genesen (ggf. auch mit langfristigen Schäden) oder verstorben ist. Somit ist für jede Infektion der Ausgang bekannt.
Die hier gegebene Analyse der Daten bezieht sich damit auf Daten bis einschließlich Woche 47. **Es zeigt sich dass in Woche 47 (Mitte November) die Anzahl der akut Infizierten in Deutschland auf dem gleichen Niveau war wie Ende März in Woche 14, was die Hochphase der ersten Welle war**. **Da sowohl Infektionszahlen als auch Todeszahlen seitdem weiter gestiegen sind, lässt sich festhalten, dass die zweite Welle bereits Mitte November das Niveau der ersten Welle übertroffen hat**.

Mathematische Herleitung: Die entsprechenden Aussagen sind aus Abbildung 4 zu ziehen, deren Interpretation allerdings etwas schwierig ist. Gezeigt ist die Anzahl der Infizierten (egal ob durch Test nachgewiesen oder nicht) im Verlauf der Zeit auf eine log-Skala. Die Abbildung erlaubt nur eine relative Interpretation, d.h. absolute Werte sind nicht interpretierbar sondern nur mit anderen Werten vergleichbar. Die Werte der Kurve in Woche 47 sind gleich hoch wie die Werte in Woche 14, dem

[1] siehe https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/AK-Studien/AKS_Allgemein.html
[2] siehe http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Abteilung-fuer-Infektions-und-Tropenmedizin/de/COVID-19/KoCo19/index.html
[3] Konkret, auf eine entdeckte Infektion kamen im Frühjahr 2020 vier unentdeckte, im Herbst 2020 war das Verhältnis dann zwei unentdeckte Infektion je entdeckte Infektion.

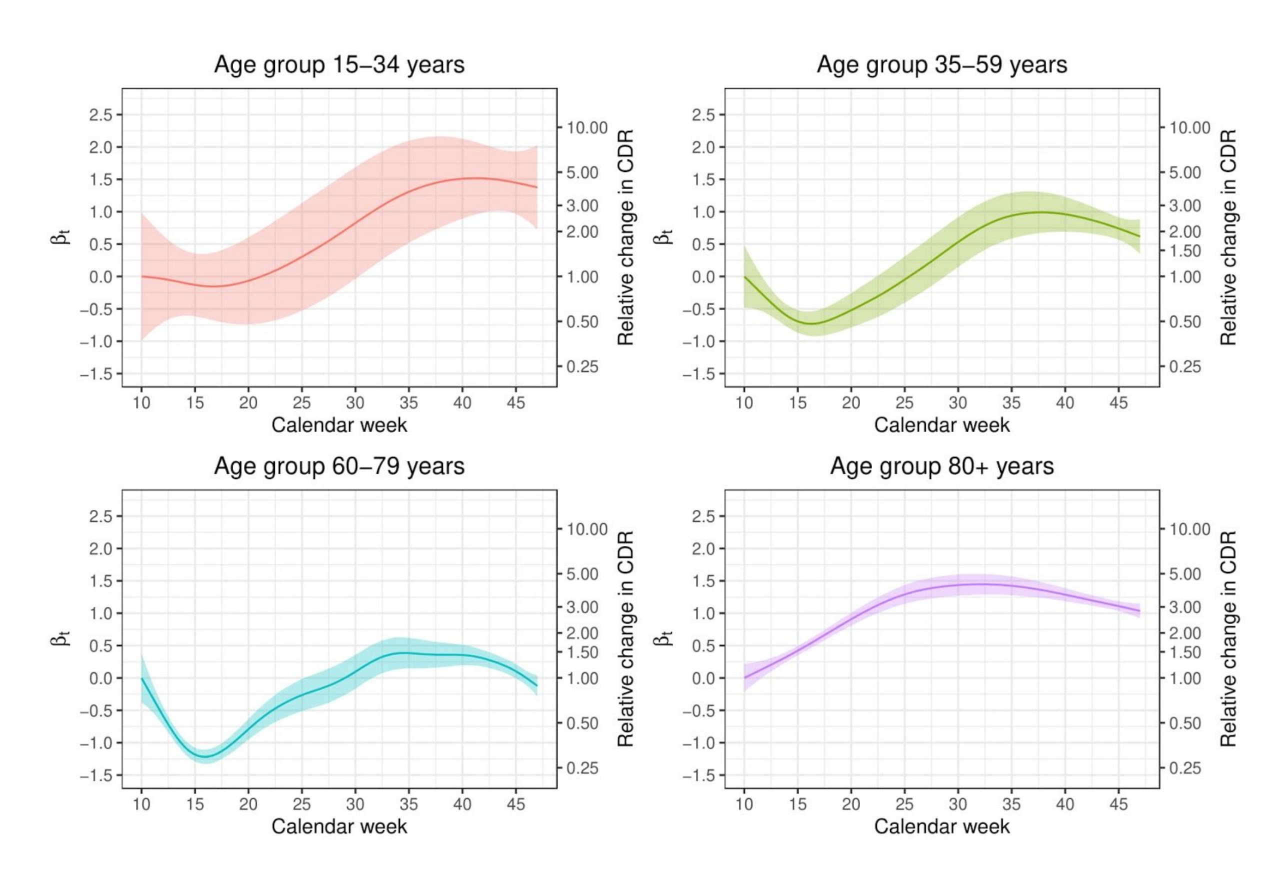
Maximum der ersten Welle. An der rechten Skala lässt sich die relative Veränderung über die Zeit ablesen. Beispielsweise hat sich die geschätzte Anzahl an Infizierten in der Gruppe der 80+-Jährigen zwischen Woche 41 und 45 um den Faktor 10 erhöht. Die Anzahl der vom RKI registrierten Fälle haben sich im gleichen Zeitraum allerdings nur um den Faktor 8 erhöht. Diese Differenz ist mit einer größer werdenden Dunkelziffer zu erklären.

Abbildung 4: Geschätzte relative Anzahl der tatsächlich Infizierten (durch Test nachgewiesen und auch unerkannt geblieben Infizierte) in verschiedenen Altersgruppen über die Kalenderwochen in 2020. Da das Modell keine absoluten Zahlen liefert, kann nur der Verlauf der einzelnen Kurven interpretiert werden. Der farbig schattierte Bereich quantifiziert die Unsicherheit der Schätzung



Nicht alle Infizierte werden durch Tests entdeckt und es ist bekannt, dass die Dunkelziffer sich über die Zeit ändert. Wir betrachten hier statt der Dunkelziffer die Nachweisrate, also den Anteil der nachgewiesenen Infektionen. **Es zeigt sich, dass die Nachweisrate bis zum Sommer gestiegen ist, wobei bei den unter 80-Jährigen die geringste Nachweisrate gegen Ende der ersten Welle in Woche 16 aufgetreten ist. Danach stieg die Nachweisrate bis ca. Woche 35/36, was Ende August ist. Seit dieser Zeit sinkt die Nachweisrate wieder, das heißt seit Ende August steigt die Dunkelziffer**. **Insbesondere in der Altersgruppe der 60-79-Jährigen ist seit Ende Oktober eine deutliche Abnahme der Nachweisrate zu erkennen. Allerdings lässt sich grob sagen, dass die Nachweisrate in Woche 47 (Mitte November) immer noch etwa 2-4 mal so hoch ist - abhängig von der Altersgruppe - im Vergleich zur ersten Welle.**

Abbildung 5: Veränderung der geschätzten Nachweisraten (Case Detection Ratio, CDR) für unterschiedliche Altersgruppen. Angegeben ist jeweils das Verhältnis der Rate im Vergleich zu der Rate in Kalenderwoche 10.



Die farbig schattierten Bereiche geben den Bereich der Unsicherheit unserer Schätzung an. Es lässt sich deutlich erkennen, dass die Schätzung für die älteren Altersgruppen eine deutlich geringere Unsicherheit aufweist als bei den jüngeren Altersgruppen. Dies liegt daran, dass in den älteren Altersgruppen deutlich mehr Todesfälle im Zusammenhang mit COVID-19 verzeichnet wurden.

Eine wichtige Annahme bei unserer Modellierung ist, dass die Sterberate in den einzelnen Altersgruppen über die Zeit näherungsweise konstant ist. Mögliche Veränderungen in der Sterberate durch verbesserte Behandlungsmöglichkeiten können dazu führen, dass das

CDR in der späten Phase leicht unterschätzt wird. Eine ausführliche Diskussion über die getroffenen Annahmen unserer Studie sowie Details zur Modellierung sind zu finden in Schneble et. al (2021).

Mathematische Herleitung: Die entsprechenden Aussagen sind aus Abbildung 5 abzulesen. Dargestellt ist die Änderung der Nachweisrate auf einer log-Skala. Am rechten Rand jeder Graphik sind die unlogarithmierten Werte angegeben. Die Kurven lassen sich nun vergleichen, indem man die Werte der rechten Skala zu zwei verschiedenen Zeitpunkten durcheinander teilt (oder alternativ die Differenz der Werte der linken Skala exponiert). Exemplarisch: In der Gruppe der 60-79 Jährigen (blaue Kurve) wurde in Woche 15 ein Wert von -1.25 (linke Skala) bzw. 0.3 (rechte Skala) angenommen. In Woche 47 lag der Wert bei -0.15 (linke Skala) bzw. 0.9 (rechte Skala). Damit ist die Nachweisrate in Woche 47 im Vergleich zu Woche 15 dreimal so hoch. Dies errechnet sich durch 0.9/0.3 = 3 basierend auf der rechten Skala bzw. durch 3 = exp(1.1) = exp(-0.15 - (-1.25))) basierend auf der linken Skala.

Literatur

M. Schneble, G. De Nicola, G. Kauermann and U. Berger, 2021,. Spotlight on the dark figure: Exhibiting dynamics in the case detection ratio of COVID-19 infections in Germany. https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.12.23.20248763v2

J. Ragnitz, 2021,Hat die Corona-Pandemie zu einer Übersterblichkeit in Deutschland geführt? https://www.ifo.de/publikationen/2021/monographie-autorenschaft/hat-die-corona-pandemie-zu-einer-uebersterblichkeit